

⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑥ Int. Cl. 7:  
G 01 C 19/56

⑨ EP 0 751 373 B 1

⑩ DE 696 15 468 T 2

03

- ② Deutsches Aktenzeichen: 696 15 468.4  
⑥ Europäisches Aktenzeichen: 96 109 809.2  
⑧ Europäischer Anmeldetag: 19. 6. 1996  
⑨ Erstveröffentlichung durch das EPA: 2. 1. 1997  
⑨ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 26. 9. 2001  
④ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 26. 9. 2002

- ③ Unionspriorität:  
9507847 29. 06. 1995 FR
- ⑬ Patentinhaber:  
Asulab S.A., Biel/Bienne, CH
- ⑦ Vertreter:  
Sparing . Röhl . Henseler, 40237 Düsseldorf
- ⑧ Benannte Vertragsstaaten:  
CH, DE, GB, IT, LI, SE

- ⑭ Erfinder:  
Silvio, Dalla Piazza, 2610 Saint-Imier, CH

- ⑤ Vorrichtung zum Messen einer Winkelgeschwindigkeit

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II 5 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 696 15 468 T 2

DE 696 15 468 T 2

Die vorliegende Erfindung hat eine Vorrichtung zum Messen einer Winkelgeschwindigkeit zum Gegenstand, die umfaßt:

- einen piezoelektrischen Meßwandler, der dazu bestimmt ist, sich mit der Winkelgeschwindigkeit zu drehen;
- erste Erregungsmittel zum Erregen einer ersten Schwingung des Meßwandlers mit einer bestimmten Frequenz und in einer ersten Richtung;
- Meßmittel zum Erzeugen eines Meßsignals der Winkelgeschwindigkeit als Antwort auf eine zweite Schwingung des Meßwandlers, wobei die zweite Schwingung durch die erste Schwingung bedingt ist und die bestimmte Frequenz sowie eine zur ersten Richtung senkrechte zweite Richtung besitzt, und eine Nutzkomponente, deren Amplitude die Winkelgeschwindigkeit repräsentiert, sowie eine parasitäre Komponente, deren Amplitude von der Winkelgeschwindigkeit unabhängig ist, enthält.

Die Mittel zum Erregen der ersten Schwingung des Meßwandlers einer solchen Vorrichtung, wie sie oben definiert ist, umfassen in wohlbekannter Weise Erregungselektroden, die auf dem Meßwandler angeordnet sind, und eine mit diesen Elektroden verbundene elektronische Schaltung, die so beschaffen ist, daß sie an diese ein Signal zum Erregen dieser ersten Schwingung anlegt.

Außerdem umfassen die Meßmittel einer solchen Vorrichtung Erfassungselektroden, die so auf dem Meßwandler angeordnet sind, daß als Antwort auf die zweite Schwingung dieses Meßwandlers ein Erfassungssignal erzeugt wird. Diese Meßmittel umfassen außerdem eine elektronische Schaltung, die auf dieses Erfassungssignal mit der Erzeugung des Meßsignals, das die Winkelgeschwindigkeit des Meßwandlers repräsentiert, antwortet.

Es ist wohlbekannt, daß die zweite Schwingung des Meßwandlers einer Vorrichtung zum Messen einer Winkelgeschwindigkeit eine Nutzkomponente, deren Amplitude die Winkelgeschwindigkeit dieses Meßwandlers repräsentiert, sowie eine parasitäre Komponente, deren Amplitude nicht von der Winkelgeschwindigkeit des Meßwandlers abhängt, enthält.

Das weiter oben erwähnte Erfassungssignal umfaßt folglich sowohl eine

Nutzkomponente als auch eine parasitäre Komponente, die für die Amplitude der Nutzkomponente bzw. für diejenige der parasitären Komponente dieser zweiten Schwingung repräsentativ sind.

In den bekannten Vorrichtungen, wie etwa in derjenigen, die in dem Patent US-A-4 671 112 beschrieben ist, wird das Erfassungssignal, nachdem es in einem Entkopplungsverstärker verstärkt worden ist, an eine Mischschaltung angelegt. Das Erregungssignal des Meßwandlers wird, nachdem es ebenfalls von einem Entkopplungsverstärker verstärkt worden ist, ebenfalls an diese Mischschaltung angelegt.

Das von dieser Mischschaltung erzeugte Signal wird dann an ein Tiefpaßfilter angelegt, dessen Ausgang ein kontinuierliches Signal liefert, welches das Meßsignal für die Winkelgeschwindigkeit des Meßwandlers ist. Wenn dieses Signal in der Tat eine erste Komponente enthält, welche die Nutzkomponente des von dem Meßwandler abgegebenen Erfassungssignals und folglich die Winkelgeschwindigkeit dieser letzteren repräsentiert, enthält es jedoch auch eine zweite Komponente, welche die parasitäre Komponente dieses Erfassungssignals repräsentiert.

Es ist jedoch wohlbekannt, daß die Amplitude der Nutzkomponente der zweiten Schwingung des Meßwandlers einer Vorrichtung zum Messen einer Winkelgeschwindigkeit sehr klein sein kann, insbesondere dann, wenn diese Winkelgeschwindigkeit dieses Meßwandlers gering ist, und daß in einem solchen Fall die Amplitude der parasitären Komponente dieser zweiten Schwingung viel größer als diejenige dieser Nutzkomponente ist.

Das gleiche gilt offensichtlich für die Nutzkomponente sowie für die parasitäre Komponente des Erfassungssignals, das von den Elektroden zur Erfassung der zweiten Schwingung erzeugt wird.

Wenn der Meßwandler einer Vorrichtung zum Messen einer Winkelgeschwindigkeit beispielsweise aus einer Quarzstimmgabel gebildet ist, wie das in zahlreichen Vorrichtungen dieser Art der Fall ist, hat die Nutzkomponente des Erfassungssignals eine Amplitude in der Größenordnung eines Zehntel Millivolt oder allerhöchstens einiger Zehntel Millivolt, wenn die Winkelgeschwindigkeit der Stimmgabel in der Größenordnung von einigen Grad pro Sekunde liegt, während die parasitäre Komponente dieses Erfassungssignals in der Größenordnung von einigen zehn, sogar von einigen hundert Millivolt liegt.

Daraus ergibt sich, daß der Wert der ersten Komponente des Signals, das

von dem Filter einer Vorrichtung, wie derjenigen, die in dem weiter oben erwähnten Patent US-A-4 671 112 beschrieben ist, abgegeben wird, sehr klein ist, und daß, wenn die Winkelgeschwindigkeit des Meßwandlers gering ist, der Wert der zweiten Komponente dieses Signals viel größer als derjenige der ersten Komponente ist.

Die Empfindlichkeit einer solchen Meßvorrichtung ist folglich gering.

Es ist zu beachten, daß diese Empfindlichkeit nicht erhöht werden kann, indem die Verstärkung des oben erwähnten Entkopplungsverstärkers, der das Erfassungssignal verstärkt, bevor es an die Mischschaltung angelegt wird, erhöht wird, da dieser Verstärker die beiden Komponenten des Erfassungssignals in gleicher Weise verstärkt.

Außerdem muß offenbar die Verstärkung dieses Verstärkers kleiner als diejenige sein, bei welcher sein Ausgang in die Sättigung gerät. Da die Verstärkung der parasitären Komponente des Erfassungssignals verhältnismäßig hoch ist, wie weiter oben deutlich geworden ist, kann diese Verstärkung nur verhältnismäßig gering sein. Daraus folgt, daß die Nutzkomponente des Erfassungssignals, selbst nachdem es durch diesen Verstärker verstärkt worden ist, eine kleine Amplitude aufweist, wenn die Winkelgeschwindigkeit des Meßwandlers gering ist.

Außerdem ist wohlbekannt, daß sich die Amplitude der parasitären Komponente der zweiten Schwingung des Meßwandlers in Abhängigkeit von der Temperatur dieses letzteren verändert, während die Amplitude der Nutzkomponente dieser zweiten Schwingung praktisch unabhängig von dieser Temperatur ist. Das Signal, das von einer Vorrichtung wie derjenigen, die in dem Patent US-A-4 671 112 beschrieben ist, abgegeben wird, ist folglich ebenfalls in Abhängigkeit von der Temperatur veränderlich.

Es ist außerdem wohlbekannt, daß die parasitäre Komponente der zweiten Schwingung des Meßwandlers im wesentlichen in Phase mit der ersten Schwingung dieses Meßwandlers ist, während die Nutzkomponente dieser zweiten Schwingung zu dieser ersten Schwingung im wesentlichen um neunzig Grad phasenverschoben ist.

Die parasitäre Komponente und die Nutzkomponente des Erfassungssignals sind folglich ebenfalls mit dem Erregungssignal der ersten Schwingung des Meßwandlers in Phase bzw. zu diesem um neunzig Grad phasenverschoben.

Es wäre folglich möglich, in einer solchen Vorrichtung, wie sie in dem Patent US-A-4 671 112 beschrieben ist, die Mischschaltung durch eine Demodu-

lationsschaltung mit neunzig Grad Phasenverschiebung zu ersetzen, die eine wohlbekannte Schaltung ist, deren Ausgang ein Signal liefert, das repräsentativ für die Komponente eines an seinem Eingang anliegenden Signals ist, das zu einem Bezugssignal um neunzig Grad phasenverschoben ist.

Aufgrund dieser Modifikation dieser Vorrichtung würde das Signal, das sie abgibt, in der Tat nur die Nutzkomponente des Erfassungssignals repräsentieren.

Jedoch hat, wie bereits erwähnt worden ist, diese Nutzkomponente eine sehr kleine Amplitude, wenn die Winkelgeschwindigkeit des Meßwandlers gering ist. Das gleiche würde folglich für das Signal gelten, das von einer so modifizierten Vorrichtung abgegeben würde, und es wäre notwendig, dieses Signal stark zu verstärken, wenn diese Vorrichtung dazu bestimmt wäre, geringe Winkelgeschwindigkeiten zu messen. Der Verstärker, der dann vorgesehen werden müßte, wäre sehr schwierig herzustellen und folglich sehr teuer, da das Signal, daß er verstärken müßte, ein kontinuierliches Signal geringer Größe wäre und die Eigenschaften dieses Verstärkers bezüglich der Temperatur sehr stabil sein müßten.

Zur Lösung des Problems, das sich durch diese geringe Empfindlichkeit und diese Temperaturinstabilität stellt, sind verschiedene Lösungswege vorgeschlagen worden.

So beschreibt beispielsweise das Patent US-A-5 287 745 eine Vorrichtung zum Messen einer Winkelgeschwindigkeit, deren Ausgangssignal aus der Messung der Phasenverschiebung zwischen dem Erregungssignal der ersten Schwingung ihres Meßwandlers und dem Erfassungssignal der zweiten Schwingung dieses letzteren erhalten wird. Außerdem ist in einer ihrer Ausführungsformen die Empfindlichkeit der Vorrichtung aufgrund der Tatsache erhöht, daß sie einen Speicher umfaßt, in dem der Wert der obenerwähnten Phasenverschiebung gespeichert wird, wenn die Winkelgeschwindigkeit des Meßwandlers null beträgt, da der Wert offensichtlich für die Amplitude der parasitären Komponente des Erfassungssignals repräsentativ ist. Diese Vorrichtung enthält außerdem eine Schaltung, die fortwährend diesen gespeicherten Wert von dem gemessenen Wert subtrahiert, so daß das von dieser letzteren Schaltung abgegebene Signal nur von der Amplitude der Nutzkomponente des Erfassungssignals abhängt.

Diese Vorrichtung ist verhältnismäßig kompliziert, da sie eine sehr stabile Zeitbasis verwenden muß, um die obenerwähnte Phasenverschiebung zu messen. Außerdem erzeugt sie ein digitales Meßsignal. Nun sind aber die Vorrichtungen, an die ein Meßsignal einer Winkelgeschwindigkeit geliefert werden soll, oft-

mals analoge Vorrichtungen. In solchen Fällen muß die von dem weiter oben erwähnten Patent US-A-5 287 745 beschriebene Vorrichtung um einen Digital-/Analogwandler ergänzt werden, wobei es sich um eine verhältnismäßig komplizierte Schaltung handelt, deren Temperaturstabilität nur auf Kosten einer zusätzlichen Erhöhung ihrer Komplexität gewährleistet werden kann.

Das Patent US-A-5 329 816 beschreibt eine Vorrichtung zum Messen einer Winkelgeschwindigkeit, deren Meßwandler die Gestalt einer Stimmgabel mit zwei Schenkeln, die durch eine Basis vereinigt sind, hat.

Dieser Meßwandler umfaßt sechs voneinander isolierte Elektroden, die auf einem ersten Schenkel der Stimmgabel angeordnet sind, wobei sie zwei verschiedene Gruppen von Elektroden zum Erregen seiner ersten Schwingung bilden.

Auf dem zweiten Schenkel der Stimmgabel ist eine Gruppe von Erfassungselektroden so angeordnet, daß das Erfassungssignal erzeugt wird, das als Antwort auf die zweite Schwingung des Meßwandlers für dessen Winkelgeschwindigkeit repräsentativ ist.

Außerdem ist ebenfalls auf dem zweiten Schenkel der Stimmgabel eine Gruppe von sogenannten Gegenreaktionselektroden so angeordnet, daß als Antwort auf die erste Schwingung des Meßwandlers ein Gegenreaktionssignal erzeugt wird.

Die elektronische Schaltung der durch das Patent US-A-5 329 816 beschriebenen Vorrichtung umfaßt eine herkömmliche Demodulationsschaltung sowie ein herkömmliches Tiefpaßfilter, die als Antwort auf das oben erwähnte Erfassungssignal und das oben erwähnte Gegenreaktionssignal das Meßsignal für die Winkelgeschwindigkeit des Meßwandlers liefern.

Diese Schaltung umfaßt außerdem eine zweite Demodulationsschaltung, die ebenfalls das Erfassungssignal und das Gegenreaktionssignal empfängt und die ein Steuersignal an einen geregelten Schwinger mit zwei Ausgängen abgibt, die jeweils an eine der Gruppen der Erregungselektroden des Meßwandlers angeschlossen sind.

Der Aufbau und die Funktionsweise dieses geregelten Schwingers sind in diesem Dokument nicht beschrieben, es sind lediglich einige kurze Erläuterungen zur angestrebten Wirkung gegeben, die aufgrund der Trennung der Erregungselektroden in zwei verschiedene Gruppen und das Vorhandensein der Gegenreaktionselektroden erzielt werden soll. Jedoch kann der Fachmann aus diesen

Erläuterungen schließen, daß dieser Schwinger an die beiden Gruppen von Erregungselektroden des Meßwandlers unterschiedliche Erregungssignale abgeben müßte, wobei der Unterschied zwischen diesen Signalen von dem Gegenreaktionssignal abhängt, damit die erste Schwingung des Meßwandlers so modifiziert werden kann, daß sie eine Komponente enthält, welche die parasitäre Komponente der zweiten Schwingung dieses Meßwandlers kompensiert. Es ist jedoch nicht ersichtlich, wie dieses Ziel erreicht werden kann, da das auf den Schwinger einwirkende Gegenreaktionssignal als Antwort auf die erste Schwingung des Meßwandlers erzeugt wird und es folglich unabhängig von der zweiten Schwingung dieses ist.

Auf jeden Fall ist der geregelte Schwinger, der in dieser Vorrichtung erforderlich ist, aufgrund der Tatsache, daß er zwei verschiedene Signale abgeben soll, wovon wenigstens eines variabel sein muß, verhältnismäßig schwer zu verwirklichen, so daß er verhältnismäßig teuer ist. Zudem ist auch der in dieser Vorrichtung verwendete Meßwandler aufgrund der Tatsache, daß er zwei Gruppen von Elektroden zum Erregen seiner ersten Schwingung umfassen soll, verhältnismäßig kompliziert und folglich verhältnismäßig teuer.

Ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung zum Messen einer Winkelgeschwindigkeit zu schaffen, die eine weit größere Empfindlichkeit als bekannte Vorrichtungen haben kann und die ein Meßsignal liefert, das praktisch unabhängig von der Temperatur ist, obwohl sie einen verhältnismäßig einfachen Meßwandler und eine verhältnismäßig einfache elektronische Schaltung verwendet und folglich preiswert ist.

Dieses Ziel wird von der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung erreicht, die eine Vorrichtung zum Messen einer Winkelgeschwindigkeit ist, die umfaßt:

- einen piezoelektrischen Meßwandler, der dazu bestimmt ist, sich mit der Winkelgeschwindigkeit zu drehen;
- erste Mittel zum Erregen einer ersten Schwingung des Meßwandlers mit einer bestimmten Frequenz und in einer ersten Richtung;
- Meßmittel zum Erzeugen eines Meßsignals der Winkelgeschwindigkeit als Antwort auf eine zweite Schwingung des Meßwandlers, wobei die zweite Schwingung durch die erste Schwingung bedingt ist und die bestimmte Frequenz sowie eine zur ersten Richtung senkrechte zweite Richtung besitzt und eine Nutzkomponente, deren Amplitude die Winkelgeschwindigkeit repräsentiert, sowie eine

parasitäre Komponente, deren Amplitude von der Winkelgeschwindigkeit unabhängig ist, enthält;

und die dadurch gekennzeichnet ist, daß sie außerdem umfaßt:

- zweite Erregungsmittel zum Erregen einer dritten Schwingung des Meßwandlers mit der bestimmten Frequenz in der zweiten Richtung und mit einer zur parasitären Komponente der zweiten Schwingung entgegengesetzten Phase; und

- Mittel zum Einregeln der Amplitude der dritten Schwingung auf die Amplitude der parasitären Komponente der zweiten Schwingung.

Wie im weiteren noch ausführlicher beschrieben wird, haben diese Merkmale zur Folge, daß das von den Erfassungselektroden des Meßwandlers dieser Vorrichtung erzeugte Erfassungssignal nur aus seiner Nutzkomponente besteht und keine parasitäre Komponente enthält. Demzufolge ist es möglich, die Empfindlichkeit dieser Vorrichtung zu erhöhen, indem einfach die Verstärkung des Entkopplungsverstärkers erhöht wird, der dieses Erfassungssignal an die Demodulationsschaltung abgibt. Außerdem ist dieses Erfassungssignal unabhängig von der Temperatur des Meßwandlers, so daß folglich das gleiche für das von der Vorrichtung gelieferte Meßsignal gilt.

Weitere Ziele und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden deutlich durch die folgende Beschreibung einer ihrer Ausführungsformen, die anhand der beigelegten Zeichnung gegeben wird, in der

- Fig. 1 ein Blockschaltbild dieser Ausführungsform einer Vorrichtung zum Messen einer Winkelgeschwindigkeit; und

- Fig. 2 eine schematische Ansicht eines Meßwandlers ist, der in der Vorrichtung von Fig. 1 verwendbar ist.

Die Vorrichtung zum Messen einer Winkelgeschwindigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung, die mit dem allgemeinen Bezugszeichen 1 bezeichnet ist, umfaßt in ihrer in Fig. 1 beispielhaft und keineswegs einschränkend dargestellten Ausführungsform einen Meßwandler, der aus einer Stimmgabel 2 mit zwei Schenkeln 2a und 2b, die durch eine gemeinsame Basis 2c vereinigt sind, gebildet ist (siehe Fig. 2).

In diesem Beispiel ist die Stimmgabel 2 in herkömmlicher Weise so aus einem Quarzplättchen ausgeschnitten, dessen Flächen zur optischen Achse Z des Quarzes im wesentlichen senkrecht sind, daß die Richtung der Länge ihrer Schenkel 2a und 2b im wesentlichen parallel zur mechanischen Achse Y des



Quarzes ist. Die Winkel, die von den Flächen des Quarzplättchens und der Z-Achse dieses letzteren bzw. von der Richtung der Länge der Schenkel 2a und 2b und der Y-Achse des Quarzes gebildet werden, sind in wohlbekannter Weise durch die Eigenschaften bestimmt, welche die Stimmgabel haben soll.

In herkömmlicher Weise enthält die Stimmgabel 2 Elektroden zum Erregen einer ersten Schwingung ihrer Schenkel 2a und 2b, die von zwei Elektroden 3 und 4, die einander gegenüberliegend jeweils auf einer der Hauptflächen des Schenkels 2a angeordnet sind, und zwei Elektroden 5 und 6, die ebenfalls einander gegenüberliegend jeweils auf einer der Seitenflächen des gleichen Schenkels 2a angeordnet sind, gebildet sind. Nicht gezeigte Leiterbahnen verbinden zum einen die Elektroden 3 und 4 miteinander sowie mit einer Anschlußklemme, die sich auf der Basis 2c der Stimmgabel 2 befindet, und zum anderen verbinden sie die Elektroden 5 und 6 miteinander sowie mit einer weiteren Anschlußklemme, die sich ebenfalls auf der Basis 2c befindet, wobei diese beiden Anschlußklemmen ebenfalls nicht dargestellt sind.

Der Fachmann wird leicht erkennen, daß die Elektroden 3 bis 6, die soeben beschrieben worden sind, dazu bestimmt sind, eine Biegeschwingung der Schenkel 2a und 2b der Stimmgabel 2 in einer Richtung parallel zu den Ebenen ihrer Hauptflächen und mit einer Frequenz, die im wesentlichen durch ihre Abmessungen bestimmt ist, anzuregen. Diese Biegeschwingung dieser Schenkel 2a und 2b bildet die erste Schwingung der Stimmgabel 2.

Es ist wohlbekannt, daß diese erste Schwingung der Stimmgabel eine zweite Schwingung dieser erzeugt, die ebenfalls eine Biegeschwingung der Schenkel 2a und 2b ist - jedoch in einer zu den Ebenen ihrer Hauptflächen senkrechten Richtung, d. h. senkrecht zur Richtung der ersten Schwingung, wobei diese zweite Schwingung die gleiche Frequenz wie die erste Schwingung besitzt.

Diese zweite Schwingung enthält eine erste Komponente, die durch die Corioliskräfte bedingt ist, die auf die Schenkel 2a und 2b einwirken, wenn diese entsprechend der oben definierten ersten Schwingung schwingen, während sich die Stimmgabel 2 um ihre Empfindlichkeitsachse dreht, die in Fig. 2 durch das dem Bezugszeichen S bezeichnet ist. Die Amplitude dieser ersten Komponente ist demzufolge für die Winkelgeschwindigkeit der Stimmgabel 2 um die Empfindlichkeitsachse S repräsentativ, und diese erste Komponente ist die Nutzkomponente der zweiten Schwingung dieser Stimmgabel 2.

Außerdem ist wohlbekannt, daß die zweite Schwingung der Stimmgabel 2

auch eine zweite Komponente enthält, die nur durch die Anisotropie der mechanischen Eigenschaften des Quarzes bedingt ist und deren Amplitude unabhängig von der Winkelgeschwindigkeit der Stimmgabel 2 ist, sich jedoch im Unterschied dazu in Abhängigkeit von der Temperatur verändert. Diese zweite Komponente wird im allgemeinen parasitäre Komponente der zweiten Schwingung genannt.

In der Vorrichtung 1 von Fig. 1 schwingt die Stimmgabel 2 noch nach einer dritten Schwingung, von welcher im weiteren ersichtlich wird, wie sie erregt wird. Hier soll nur erwähnt werden, daß diese dritte Schwingung ebenfalls eine Biegeschwingung der Schenkel 2a und 2b der Stimmgabel 2 in einer Richtung ist, die ebenfalls senkrecht zu den Ebenen ihrer Hauptflächen ist und die folglich die gleiche wie diejenige der weiter oben erwähnten zweiten Schwingung ist. Außerdem hat diese dritte Schwingung die gleiche Frequenz wie die erste und die zweite Schwingung.

Die Stimmgabel 2 enthält außerdem zwei Elektroden 7 und 8, die auf einer der Hauptflächen des Schenkels 2b nebeneinander angeordnet sind und ungefähr die erste Hälfte der Länge dieses einnehmen, sowie zwei Elektroden 9 und 10, die auf der anderen Hauptfläche des Schenkels 2b gegenüber den Elektroden 7 bzw. 8 angeordnet sind. Nicht gezeigte Leiterbahnen verbinden zum einen die Elektroden 7 und 10 miteinander sowie mit einer Anschlußklemme, die auf der Basis 2c der Stimmgabel 2 angeordnet ist, und zum anderen verbinden sie die Elektroden 8 und 9 miteinander sowie mit einer weiteren Anschlußklemme, die ebenfalls auf der Basis 2c angeordnet ist. Diese beiden Anschlußklemmen sind ebenfalls nicht dargestellt.

Der Fachmann wird leicht erkennen, daß die soeben beschriebenen Elektroden 7 bis 10 die Erfassungselektroden sind, die dazu bestimmt sind, als Antwort auf jede Biegung des Schenkels 2b in eine Richtung senkrecht zu den Ebenen seiner Hauptflächen ein Signal zu erzeugen.

Im vorliegenden Fall sind folglich diese Elektroden 7 bis 10 dazu bestimmt, als Antwort auf die Überlagerung der zweiten und der dritten Schwingung der Stimmgabel 2, die weiter oben beschrieben worden sind, ein Signal zu erzeugen, das Erfassungssignal SD genannt wird.

Die Stimmgabel 2 enthält außerdem vier Elektroden 11, 12, 13 und 14, die ebenfalls auf dem Schenkel 2b angeordnet sind und die sich jeweils in der Verlängerung der Erfassungselektroden 7, 8, 9 und 10 erstrecken, wobei sie ungefähr die zweite Hälfte der Länge dieses Schenkels 2b einnehmen. Nicht gezeigte Lei-

terbahnen verbinden zum einen die Elektroden 11 und 14 miteinander sowie mit einer Anschlußklemme, die sich auf der Basis 2c der Stimmgabel 2 befindet, und zum anderen verbinden sie die Elektroden 12 und 13 miteinander sowie mit einer weiteren Anschlußklemme, die sich ebenfalls auf der Basis 2c befindet, wobei diese beiden Anschlußklemmen ebenfalls nicht dargestellt sind.

Diese Elektroden 11 bis 14 sind dazu bestimmt, die weiter oben erwähnte dritte Schwingung der Stimmgabel 2 auf eine Weise anzuregen, die im weiteren genauer angegeben wird.

Die in Fig. 1 angegebenen Bezugszeichen A, B, C bezeichnen einen schematischen Schnitt des Schenkels 2a und der Elektroden 3 bis 6, der entlang der Ebene A-A von Fig. 2 erfolgte, einen schematischen Schnitt des Schenkels 2b und der Elektroden 7 bis 10, der entlang der Ebene B-B von Fig. 2 erfolgte, bzw. einen schematischen Schnitt des Schenkels 2b und der Elektroden 11 und 14, der entlang der Ebene C-C von Fig. 2 erfolgte.

Fig. 1 zeigt insbesondere, daß die Vorrichtung 1 zum Messen einer Winkelgeschwindigkeit gemäß der vorliegenden Erfindung in herkömmlicher Weise eine Schaltung zur Erhaltung der ersten Schwingung der Stimmgabel 2 umfaßt, die mit dem Bezugszeichen 15 bezeichnet ist und deren Eingang und Ausgang mit den Elektroden 5 und 6 bzw. mit den Elektroden 3 und 4 verbunden ist.

Diese Erhaltungsschaltung 15 wird nicht im einzelnen beschrieben, da sie auf verschiedene, dem Fachmann wohlbekannte Weisen realisiert werden kann.

Das vom Ausgang der Erhaltungsschaltung 15 an die Elektroden 3 und 4 abgegebene Signal SE wird Erregungssignal der ersten Schwingung der Stimmgabel 2 genannt. Dieses Signal SE hat offensichtlich die gleiche Frequenz wie die erste Schwingung der Stimmgabel 2.

Außerdem ist in Fig. 1 zu sehen, daß die Elektroden 8 und 9, die zu den weiter oben beschriebenen Erfassungselektroden gehören, mit der Masse der Vorrichtung 1, d. h. mit derjenigen der Anschlüsse der nicht gezeigten Spannungsquelle, die diese Vorrichtung 1 speist und deren Potential willkürlich als Bezugspotential gewählt worden ist, verbunden sind. Das weiter oben erwähnte Erfassungssignal SD ist folglich dasjenige, welches von den beiden anderen Erfassungselektroden 7 und 10 abgegeben wird.

Wie bereits erwähnt worden ist, wird dieses Signal SD als Antwort auf die Überlagerung der zweiten und dritten Schwingung der Stimmgabel 2 erzeugt;

folglich hat es die gleiche Frequenz wie diese letzteren. Es umfaßt außerdem drei Komponenten, die die Nutzkomponente der zweiten Schwingung, die parasitäre Komponente dieser zweiten Schwingung bzw. die dritte Schwingung repräsentieren. Diese drei Komponenten des Signals SD, die die gleiche Frequenz wie dieses letztere und demnach wie das Signal SE besitzen, werden im Analogieschluß Nutzkomponente, parasitäre Komponente und dritte Komponente dieses Signals SD genannt.

Im weiteren wird genau ersichtlich werden, daß die dritte Schwingung der Stimmgabel 2 gegenphasig zu der parasitären Komponente der zweiten Schwingung ist. Folglich gilt das gleiche für die parasitäre Komponente und die dritte Komponente des Signals SD. Um die nachfolgende Beschreibung zu vereinfachen, wird die Kombination dieser beiden letzteren Komponenten kombinierte Komponente des Signals SD genannt.

Es ist wohlbekannt, daß die Nutzkomponente des Erfassungssignals SD zu dem Erregungssignal SE der ersten Schwingung im wesentlichen um neunzig Grad phasenverschoben ist, d. h. daß die Phasendifferenz zwischen dieser Nutzkomponente und diesem Signal SE im wesentlichen gleich  $\pm 90^\circ$  ist, wobei das Vorzeichen dieser Phasendifferenz von der Anordnung und dem Anschluß der Elektroden 3 bis 6 und 7 bis 10 sowie, für eine gegebene Anordnung und einen gegebenen Anschluß, von der Drehrichtung der Stimmgabel 2 um ihre Empfindlichkeitsachse S abhängt.

Ebenso ist wohlbekannt, daß, wiederum je nach Anordnung und Anschluß der Elektroden 3 bis 6 und 7 bis 10, die parasitäre Komponente des Erfassungssignals SD im wesentlichen gleichphasig mit dem Erregungssignal SE oder gegenphasig zu diesem ist.

In der weiteren Beschreibung wird angenommen, daß diese Elektroden 3 bis 6 und 7 bis 10 derart angeordnet und angeschlossen sind, daß die parasitäre Komponente des Signals SD in Phase mit dem Signal SE ist.

Daraus folgt, daß die kombinierte Komponente des Signals SD, die weiter oben definiert worden ist, gleichphasig mit dem Signal SE ist, wenn die Amplitude der parasitären Komponente dieses Signals SD größer als diejenige der dritten Komponente dieses letzteren ist, und sie im gegenteiligen Fall gegenphasig zu dem Signal SE ist.

Das von der Schaltung 15 an die Elektroden 3 und 4 angelegte Signal SE zum Erregen der ersten Schwingung der Stimmgabel wird auch an den Eingang

eines Entkopplungsverstärkers 16 angelegt, dessen Ausgang ein Signal SE' abgibt, das proportional zu diesem Erregungssignal SE und in Phase mit diesem ist.

Ebenso wird das Erfassungssignal SD an einen Entkopplungsverstärker 17 angelegt, dessen Ausgang ein Signal SD' liefert, das proportional zu diesem Erfassungssignal SD und mit diesem in Phase ist. Dieses Signal SD' umfaßt offensichtlich eine Nutzkomponente und eine kombinierte Komponente, die jeweils zur Nutzkomponente und zur kombinierten Komponente des Signals SD proportional und mit diesen letzteren in Phase sind.

Noch immer in herkömmlicher Weise werden die Signale SE' und SD' an die Eingänge einer Demodulationsschaltung 18 mit  $90^\circ$  Phasenverschiebung angelegt, deren Ausgang den Ausgang der Vorrichtung 1 bildet und ein Meßsignal SM für die Winkelgeschwindigkeit der Stimmgabel 2 liefert.

Die Schaltung 18 wird nicht ausführlich beschrieben, da sie auf verschiedene, dem Fachmann wohlbekannte Weisen realisiert werden kann. Es wird nur daran erinnert, daß eine Demodulationsschaltung mit  $90^\circ$  Phasenverschiebung eine Schaltung ist, deren Ausgang ein kontinuierliches Signal liefert, dessen Wert repräsentativ für die Amplitude der Komponente eines Eingangssignals ist, welche zu einem Bezugssignal um  $90^\circ$  phasenverschoben ist, wobei das Vorzeichen dieses kontinuierlichen Signals vom Vorzeichen der Phasendifferenz zwischen den beiden Signalen abhängt.

In dem vorliegenden Beispiel ist das Bezugssignal das Signal SE', das Eingangssignal ist das Signal SD', und die Komponente dieses Eingangssignals, die zu dem Bezugssignal um  $90^\circ$  phasenverschoben ist, ist die Nutzkomponente dieses Signals SD'. Das von der Schaltung 18 gelieferte Signal SM und sein Vorzeichen sind folglich für die Amplitude dieser Nutzkomponente des Signals SD' bzw. für das Vorzeichen der Phasendifferenz zwischen dieser Nutzkomponente und dem Signal SE' repräsentativ. Dieses Signal SM ist folglich auch für die Winkelgeschwindigkeit der Stimmgabel 2 um ihre Empfindlichkeitsachse S sowie für die Richtung dieser Winkelgeschwindigkeit repräsentativ.

Die Signale SE' und SD' werden außerdem an die Eingänge einer Schaltung zur gleichphasigen Demodulation 19 angelegt, deren Ausgang ein Signal SP liefert.

Auch diese Schaltung 19 wird nicht im einzelnen beschrieben, da es sich ebenfalls um eine dem Fachmann wohlbekannte Schaltung handelt.

Es wird nur daran erinnert, daß eine Schaltung zur gleichphasigen

Demodulation eine Schaltung ist, deren Ausgang ein kontinuierliches Signal liefert, dessen Wert repräsentativ für die Amplitude der Komponente eines Eingangssignals ist, die gleichphasig mit einem Bezugssignal oder gegenphasig zu diesem ist, wobei dieses kontinuierliche Signal positiv oder negativ ist, je nachdem, ob diese Komponente beispielsweise gleichphasig mit dem Bezugssignal oder gegenphasig zu diesem ist. Im vorliegenden Beispiel ist das Bezugssignal ebenfalls das Signal SE', das Eingangssignal ist ebenfalls das Signal SD' und die Komponente dieses Eingangssignals, die gleichphasig mit diesem Bezugssignal oder gegenphasig zu diesem ist, ist die kombinierte Komponente dieses Signals SD'. Der Wert dieses Signals SP ist folglich für die Amplitude dieser kombinierten Komponente repräsentativ, wobei sein Vorzeichen positiv oder negativ ist, je nachdem, ob diese kombinierte Komponente gleichphasig mit dem Signal SE' oder gegenphasig zu diesem ist.

Das von der Schaltung 19 erzeugte Signal SP wird an einen ersten Eingang einer Regelschaltung 20 angelegt, deren zweiter Eingang mit Masse verbunden ist und deren Ausgang ein Signal SG liefert, das einen konstanten Wert aufweist, wenn das Signal SP einen Wert von null hat, und das ansteigt oder abfällt, wenn das Signal SP positiv bzw. negativ ist.

Diese Schaltung 20 wird nicht genauer beschrieben, da sie auf verschiedene, dem Fachmann wohlbekannte Weisen realisiert werden kann. Es wird nur daran erinnert, daß eine derartige Regelschaltung im allgemeinen eine Komparatorschaltung für zwei Signale, die an ihren Eingänge anliegend sind, eine Schaltung, die das von diesem Komparator erzeugte Signal integriert, sowie diverse Bauelemente, die dazu bestimmt sind, ihr die gewünschten Eigenschaften zu verleihen und ihre Funktionsstabilität zu sichern, umfaßt.

Die Vorrichtung 1 umfaßt außerdem einen Verstärker 21, dessen Eingang das vom Verstärker 16 abgegebene Signal SE' entgegennimmt und dessen Ausgang an die Elektroden 11 und 14 angeschlossen ist, die auf dem Schenkel 2b der Stimmgabel 2 angeordnet sind, und dessen Verstärkung in Abhängigkeit vom Wert des Signals SG, das an einem Steuereingang anliegt, veränderlich ist.

Die ebenfalls auf dem Schenkel 2b der Stimmgabel 2 angeordneten Elektroden 12 und 13 sind ebenfalls mit der Masse der Vorrichtung 1 verbunden.

Das am Eingang des Verstärkers 21 anliegende Signal SE' ist offensichtlich ein Wechsignal, das die gleiche Frequenz wie die erste Schwingung der Stimmgabel 2 hat. Das an den Elektroden 11 und 14 anliegende Signal SC ist

folglich ebenfalls ein Wechselsignal, und seine Frequenz ist ebenfalls gleich derjenigen der ersten Schwingung der Stimmgabel 2.

Wie leicht zu erkennen ist, erregt dieses Signal SC eine Schwingung des Schenkels 2b und folglich ebenfalls des Schenkels 2a der Stimmgabel 2. Die Anordnung der Elektroden 11 bis 14 hat zur Folge, daß diese Schwingung eine Biegeschwingung der Schenkel 2a und 2b der Stimmgabel 2 in einer zu den Ebenen ihrer Hauptflächen senkrechten Richtung ist.

Außerdem sind diese Elektroden 11 bis 14 an einen Verstärker 21 angeschlossen, wobei dieser letztere so beschaffen ist, daß diese dritte Schwingung gegenphasig zu der zweiten Schwingung der Stimmgabel 2 ist.

Diese Schwingung, die als Antwort auf das durch den Verstärker 21 angelegte Signal SC erzeugt worden ist, ist folglich die weiter oben erwähnte dritte Schwingung der Stimmgabel 2.

Wenn die Vorrichtung 1 in Betrieb ist, erregt die Erhaltungsschaltung 15 die erste Schwingung der Stimmgabel 2 und folglich indirekt die zweite Schwingung dieser.

Die Demodulationsschaltung 18 erzeugt folglich in herkömmlicher Weise das Meßsignal SM der Winkelgeschwindigkeit der Stimmgabel 2 als Antwort auf die Signale SE' und SD'.

Nun wird die Funktionsweise des übrigen Teils der Vorrichtung 1 beschrieben, wobei zunächst vorausgesetzt wird, daß das Signal SG, das die Verstärkung des Verstärkers 21 steuert, genau den Wert hat, für welchen die Amplitude des Signals SC so groß ist, daß die dritte Schwingung der Stimmgabel 2 eine Amplitude besitzt, die gleich derjenigen der parasitären Komponente der zweiten Schwingung dieser ist. Da diese dritte Schwingung und diese parasitäre Komponente gegenphasig sind, wie dies weiter oben erwähnt worden ist, besitzen folglich die kombinierte Komponente des Signals SD und diejenige des Signals SD' eine Amplitude von null. Das Signal SP hat folglich einen Wert von null, so daß sich das Signal SG nicht verändert und seinen oben angegebenen Wert beibehält.

Der aus der Stimmgabel 2, den Elektroden 7 bis 10, dem Verstärker 17, dem Demodulator 19, der Regelschaltung 20, dem Verstärker 21 und den Elektroden 11 bis 14 gebildete Regelkreis ist folglich in einem stabilen Zustand.

Wenn nun die Amplitude der parasitären Komponente der zweiten Schwingung der Stimmgabel 2 aus irgendeinem Grund, beispielsweise infolge einer Veränderung der Temperatur dieser Stimmgabel 2, größer wird, erhöht sich

die Amplitude der kombinierten Komponenten der Signale SD und SD', die null war, zumindest in einer ersten Zeit. Außerdem sind dann diese kombinierten Komponenten mit den Signalen SE und SE' in Phase.

Daraus ergibt sich, daß der Wert des Signals SP, der null war, positiv wird. Der Wert des Signals SG beginnt folglich ebenso wie die Amplitude des Signals SC und folglich der dritten Schwingung der Stimmgabel 2 anzusteigen.

Dieser Anstieg der Amplitude dieser dritten Schwingung zieht eine Verringerung derjenigen der kombinierten Komponenten der Signale SD und SD' und folglich eine Verringerung des Wertes des Signals SP nach sich.

Solange dieses Signal SP positiv bleibt, steigt der Wert des Signals SG ebenso wie die Amplitude des Signals SC und der dritten Schwingung der Stimmgabel 2 weiter an.

Wenn jedoch diese Amplitude der dritten Schwingung gleich derjenigen der parasitären Komponente der zweiten Schwingung der Stimmgabel 2 wird, werden die Amplituden der kombinierten Komponenten der Signale SD und SD' ebenso wie der Wert des Signals SP erneut null. Das Signal SG hört auf anzusteigen, und der weiter oben definierte Regelkreis befindet sich wieder in einem stabilen Zustand.

Es ist leicht zu erkennen, daß ein vergleichbarer Prozeß abläuft, wenn die Amplitude der parasitären Komponente der zweiten Schwingung der Stimmgabel 2 aus irgendeinem Grund geringer wird. In einem solchen Fall erhöht sich die Amplitude der kombinierten Komponenten der Signale SD und SD' ebenfalls, jedoch sind diese kombinierten Komponenten dann zu den Signalen SE und SE' gegenphasig.

Der Wert des Signals SP wird folglich negativ, so daß der Wert des Signals SG abnimmt, was eine Verringerung der Amplitude des Signals SC und folglich der dritten Schwingung der Stimmgabel 2 zur Folge hat.

Wenn diese Amplitude dieser dritten Schwingung ebenfalls gleich derjenigen der parasitären Komponente der zweiten Schwingung der Stimmgabel 2 wird, befindet sich der oben definierte Regelkreis wieder in einem stabilen Zustand.

Es ist ersichtlich, daß dieser oben definierte Regelkreis die Amplitude der dritten Schwingung auf die Amplitude der parasitären Komponente der zweiten Schwingung der Stimmgabel 2 unabhängig von letzterer Amplitude und ihren Veränderungen und den Grund für diese einregelt.

Außerdem ist ersichtlich, daß dieses Regelungssystem bewirkt, daß die



kombinierten Komponenten der Signale SD und SD' außer während der Zeit, die notwendig ist, damit der obenbeschriebene Prozeß ablaufen kann, immer eine Amplitude von null besitzen.

Wenn jedoch die Eigenschaften der verschiedenen Schaltungen, die den Regelkreis bilden, und insbesondere diejenigen der Regelschaltung 20 klug gewählt sind, was für den Fachmann selbstverständlich ist, kann diese für den Ablauf des obigen Prozesses erforderliche Zeit sehr kurz gehalten werden, und dabei um so mehr, als die Veränderungen der Amplitude der parasitären Komponente der zweiten Schwingungen der Stimmgabel 2 nie sehr schnell sind.

Es ist ersichtlich, daß die Amplitude der kombinierten Komponente der Signale SD und SD' praktisch immer null ist und daß diese Signale nur aus ihrer Nutzkomponente gebildet sind.

Diese beiden Signale SD und SD' sind folglich praktisch unabhängig von der Amplitude der parasitären Komponente der zweiten Schwingung der Stimmgabel 2 und den Veränderungen dieser parasitären Komponente, was im Vergleich zu bekannten Vorrichtungen einen sehr großen Vorteil der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt.

Außerdem ist ersichtlich, daß die Empfindlichkeit der Meßvorrichtung der vorliegenden Erfindung einfach erhöht werden kann, wenn diese dafür bestimmt ist, kleine Winkelgeschwindigkeiten zu messen. In einem solchen Fall genügt es, dem Verstärker 17 eine hinreichend hohe Verstärkung zu geben, damit die Nutzkomponente des Signals SD', die praktisch die einzige Komponente dieses Signals ist, eine Amplitude aufweist, die so groß ist, daß das Meßsignal SM direkt verwendet werden kann, ohne die Verstärkung durch einen Gleichstromverstärker zu benötigen, der verhältnismäßig schwer zu verwirklichen ist.

Außerdem ist ersichtlich, daß diese Vorteile der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung unabhängig von möglichen Veränderungen von Eigenschaften der verschiedenen Schaltungen sind, die den obenerwähnten Regelkreis bilden. Die Funktion einer derartigen Vorrichtung ist folglich deutlich stabiler als diejenige bekannter Vorrichtungen.

Außerdem sind alle in einer Vorrichtung gemäß der Erfindung verwendeten Schaltungen wohlbekannt und verhältnismäßig einfach. Ebenso ist der Meßwandler einer derartigen Vorrichtung aufgrund der Tatsache, daß er nur eine einzige Gruppe von Elektroden zum Erregen seiner ersten Schwingung umfaßt, einfacher herzustellen; folglich ist er preiswerter als derjenige der Vorrichtung, die in

dem Patent US-A-5 329 816 beschrieben ist.

Dazu ist anzumerken, daß die Herstellung der in der obenbeschriebenen Vorrichtung 1 verwendeten Stimmgabel 2 noch vereinfacht werden kann, indem zum einen die Elektroden 8 und 12 und zum anderen die Elektroden 9 und 13 einteilig ausgeführt werden, da in diesem Beispiel diese vier Elektroden mit der Masse der Vorrichtung 1 verbunden sind. Diese Vereinfachung ermöglicht außerdem, eine der beiden Anschlußklemmen, die in diesem Beispiel mit diesen Elektroden verbunden sind, wegzulassen.

An der soeben beschriebenen Vorrichtung können zahlreiche Veränderungen vorgenommen werden, ohne daß diese deswegen den Rahmen der vorliegenden Erfindung verläßt.

So können beispielsweise die verschiedenen Elektroden der Stimmgabel 2 so angeordnet werden, daß die Richtung ihrer ersten Schwingung zu den Ebenen ihrer Hauptflächen senkrecht ist, und die Richtungen ihrer zweiten und ihrer dritten Schwingung parallel zu diesen Ebenen sind.

Ebenso können diese verschiedenen Elektroden in einer anderen als der beschriebenen Weise auf den Schenkeln 2a und 2b der Stimmgabel verteilt werden. Beispielsweise können die Elektroden zum Erregen der ersten Schwingung und die Elektroden zum Erregen der dritten Schwingung auf einem dieser Schenkel angeordnet sein, während die Elektroden zum Erfassen der zweiten und der dritten Schwingung auf dem anderen dieser Schenkel angeordnet sind.

Noch immer als Beispiel kann die Stimmgabel 2, die als Meßwandler in der obenbeschriebenen Vorrichtung 1 verwendet wird, durch einen beliebigen anderen Meßwandler, der in einer derartigen Vorrichtung verwendbar ist, ersetzt werden.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Messen einer Winkelgeschwindigkeit, umfassend:
  - einen piezoelektrischen Meßwandler (2), der dazu bestimmt ist, sich mit der Winkelgeschwindigkeit zu drehen;
  - erste Erregungsmittel (3 bis 6, 15) zum Erregen einer ersten Schwingung des Meßwandlers (2) mit einer bestimmten Frequenz und in einer ersten Richtung;
  - Meßmittel (7 bis 10, 16 bis 18) zum Erzeugen eines Meßsignals (SM) der Winkelgeschwindigkeit als Antwort auf eine zweite Schwingung des Meßwandlers (2), wobei die zweite Schwingung durch die erste Schwingung bedingt ist und die bestimmte Frequenz sowie eine zur ersten Richtung senkrechte zweite Richtung besitzt und eine Nutzkomponente, deren Amplitude die Winkelgeschwindigkeit repräsentiert, sowie eine parasitäre Komponente, deren Amplitude von der Winkelgeschwindigkeit unabhängig ist, enthält;  
dadurch gekennzeichnet, daß sie außerdem umfaßt:
    - zweite Erregungsmittel (11 bis 14, 21) zum Erregen einer dritten Schwingung des Meßwandlers (2) mit der bestimmten Frequenz in der zweiten Richtung und mit einer zur parasitären Komponente der zweiten Schwingung entgegengesetzten Phase; und
    - Mittel (19, 20) zum Einregeln der Amplitude der dritten Schwingung auf die Amplitude der parasitären Komponente der zweiten Schwingung.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß:
  - die ersten Erregungsmittel (3 bis 6, 15) erste Erregungselektroden (3 bis 6); die am Meßwandler (2) angeordnet sind, und eine Erhaltungsschaltung (15), die an die ersten Elektroden angeschlossen ist, um ein erstes Erregungssignal (SE) zu liefern, umfassen;
  - die Meßmittel (7 bis 10, 16 bis 18) Erfassungselektroden (7 bis 10), die am Meßwandler (2) angeordnet sind, um als Antwort auf die zweite Schwingung und auf die dritte Schwingung ein Erfassungssignal (SD) zu erzeugen, wobei das Erfassungssignal (SD) eine Nutzkomponente, die die Nutzkomponente der zweiten Schwingung repräsentiert, sowie eine kombinierte Komponente, die die

Kombination aus der dritten Schwingung und der parasitären Komponente der zweiten Schwingung repräsentiert, besitzt, sowie Mittel (16 bis 18), die auf die Nutzkomponente des Erfassungssignals (SD) und auf das Erregungssignal (SE) antworten, um das Meßsignal (SM) zu erzeugen, umfassen;

- die zweiten Erregungsmittel (11 bis 14, 21) zweite Erregungselektroden (11 bis 14) und eine Verstärkerschaltung mit einstellbarer Verstärkung (21), die auf das erste Erregungssignal (SE) und auf ein Steuersignal (SG) antworten, um an die zweiten Erregungselektroden (11 bis 14) ein zweites Erregungssignal (SC) zu liefern, umfassen; und

- die Regelungsmittel (19, 20) Mittel (19), die auf das erste Erregungssignal (SE) und auf das Erfassungssignal (SD) antworten, um ein Meßsignal (SP) der kombinierten Komponente des Erfassungssignals (SB) zu erzeugen, sowie Einstellmittel (20) umfassen, die auf das Meßsignal (SP) der kombinierten Komponente antworten, um das Steuersignal (SG) mit einem Wert zu erzeugen, derart, daß die dritte Schwingung eine Amplitude besitzt, die gleich der Amplitude der parasitären Komponente der zweiten Schwingung ist, und daß das Meßsignal (SP) der kombinierten Komponente einen Wert null hat.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß:

- der Meßwandler durch eine Quarz-Stimmgabel (2) mit einem ersten Schenkel (2a) und einem zweiten Schenkel (2b), die durch eine Basis (2c) vereinigt sind, gebildet ist, wobei die Hauptflächen der Stimmgabel (2) zur optischen Achse des Quarzes im wesentlichen senkrecht sind und die Länge der Schenkel (2a, 2b) sich im wesentlichen in Richtung der mechanischen Achse des Quarzes erstrecken;

- die ersten Erregungselektroden (3 bis 6) zwei Elektroden (3, 4), die jeweils auf einer der Hauptflächen des ersten Schenkels (2a) einander gegenüber angeordnet und elektrisch miteinander verbunden sind, und zwei Elektroden (5, 6), die jeweils auf einer der Seitenflächen des ersten Schenkels (2a) einander gegenüber angeordnet und elektrisch miteinander verbunden sind, umfassen;

- die Erfassungselektroden (7 bis 10) eine erste Elektrode (7) und eine zweite Elektrode (8), die nebeneinander auf einer der Hauptflächen des zweiten Schenkels (2b) angeordnet sind und sich im wesentlichen über die erste Hälfte der Länge des zweiten Schenkels (2b) erstrecken, sowie eine dritte Elektrode (9) und eine vierte Elektrode (10), die auf der anderen Hauptfläche des zweiten Schenkels (2b) gegenüber der ersten Elektrode (7) bzw. der zweiten Elektrode (8) angeord-

net sind, umfassen, wobei die erste Elektrode (7) und die vierte Elektrode (10) elektrisch miteinander verbunden sind und die zweite Elektrode (8) und die dritte Elektrode (9) elektrisch miteinander verbunden sind; und

- die zweiten Erregungselektroden (11 bis 14) eine fünfte Elektrode (11), eine sechste Elektrode (12), eine siebte Elektrode (13) und eine achte Elektrode (14) umfassen, die in der Verlängerung der ersten Elektrode (7), der zweiten Elektrode (8), der dritten Elektrode (9) bzw. der vierten Elektrode (10) angeordnet sind und sich im wesentlichen über die zweite Hälfte der Länge des zweiten Schenkels (2b) erstrecken, wobei die fünfte Elektrode (11) und die achte Elektrode (14) elektrisch miteinander verbunden sind und die sechste Elektrode (12) und die siebte Elektrode (13) elektrisch miteinander verbunden sind.

Fig. 1

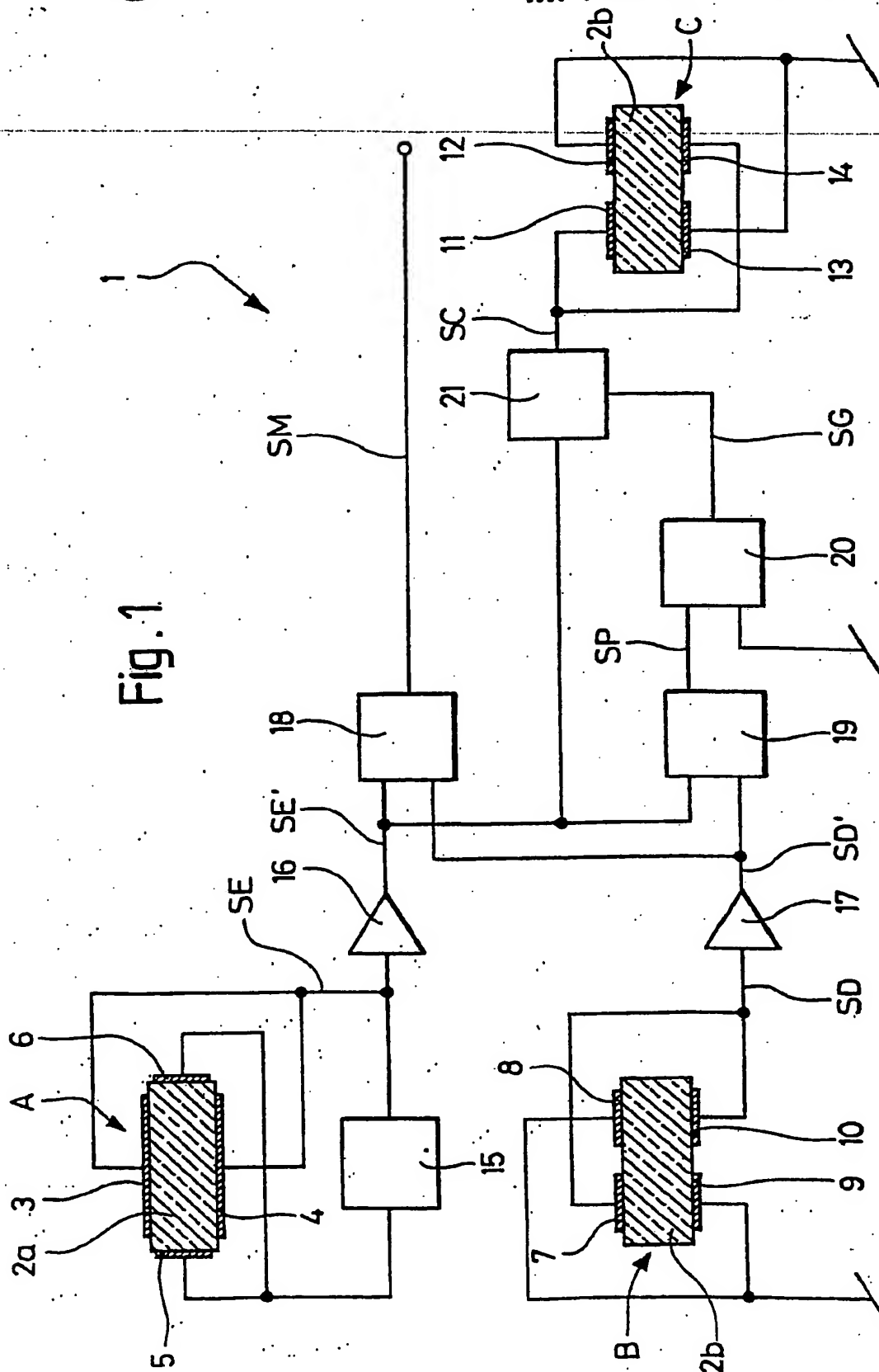
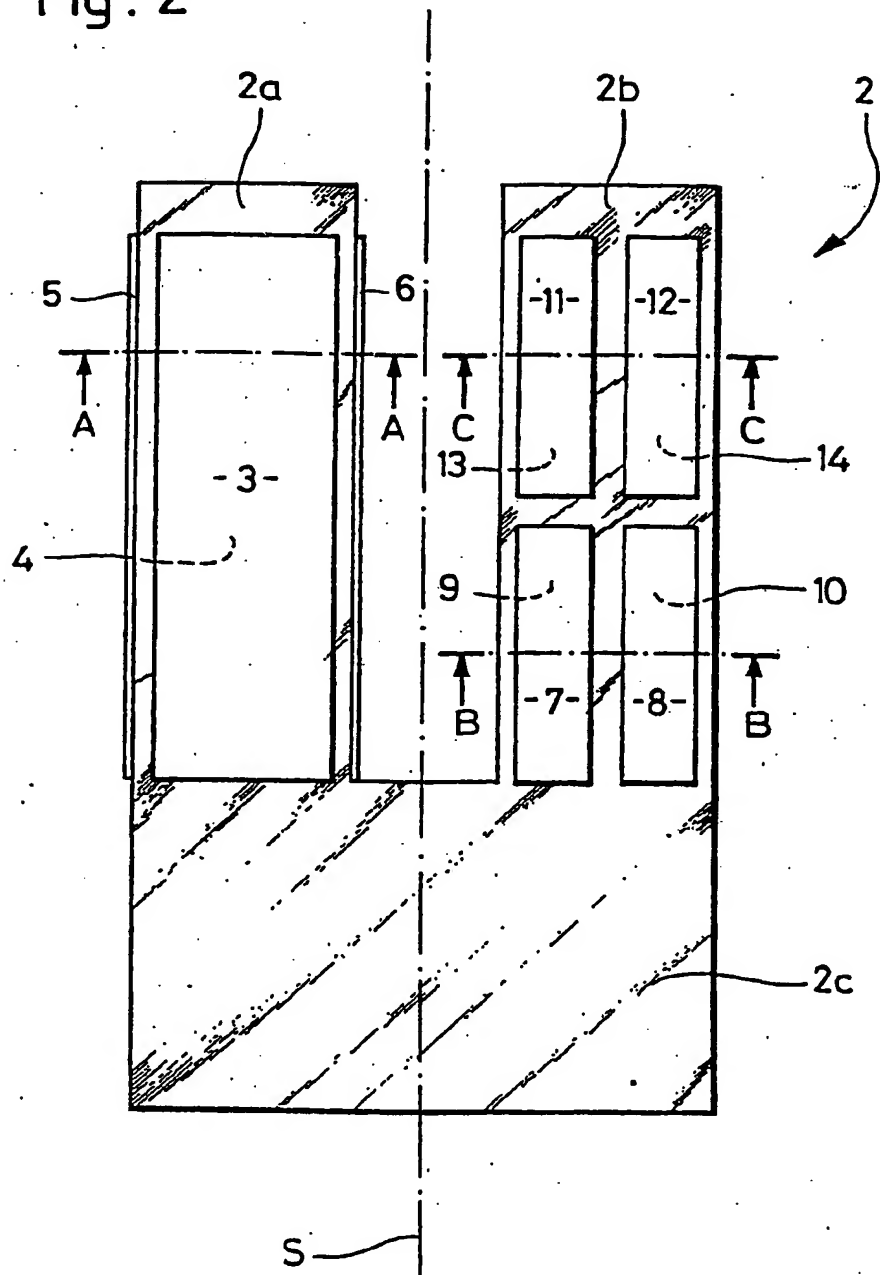


Fig. 2



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**